

## ⑫ 公開特許公報(A)

平2-254777

⑤Int. Cl.<sup>3</sup>  
H 01 S 3/094

識別記号 庁内整理番号

⑬公開 平成2年(1990)10月15日

7630-5F H 01 S 3/094

S

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全6頁)

⑭発明の名称 半導体レーザ励起型固体レーザ装置

⑮特 願 平1-77824

⑯出 願 平1(1989)3月28日

⑰発 明 者 山 本 修 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社  
内⑱発 明 者 吉 田 智 彦 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社  
内

⑲出 願 人 シャープ株式会社 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

⑳代 理 人 弁理士 山本 秀策

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

半導体レーザ励起型固体レーザ装置

## 2. 特許請求の範囲

1. 半導体レーザ素子から発振されるレーザ光を固体レーザに吸収させて、該固体レーザからレーザ光を発振させる半導体レーザ励起型固体レーザ装置であって、

該半導体レーザ素子から発振されるレーザ光の光量を検出する光検出器と、

該半導体レーザ素子から発振されて該固体レーザの波長吸収特性に対応した波長吸収特性を有する媒質を透過したレーザ光の光量を検出する光検出器と、

両光検出器の検出結果に基づいて半導体レーザ素子から発振されるレーザ光の波長を変更する手段と、

を具備する半導体レーザ励起型固体レーザ装置。

## 3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、半導体レーザ素子から発振される半導体レーザ光を固体レーザに吸収させて、該固体レーザからレーザ光を励起されて発振する固体レーザ装置に関する。

(従来の技術)

従来、固体レーザは、フラッシュランプによりレーザ光が励起されていた。しかし、NdドープのYAGレーザをはじめ、多くの固体レーザは、吸収波長領域が半導体レーザ素子から発振される半導体レーザ光の発振波長領域と合致することから、近時、半導体レーザの高出力化、高信頼性化にともない、半導体レーザ光を吸収してレーザ光が発振される固体レーザ装置の研究開発が活発化されている。半導体レーザにより固体レーザからレーザ光を励起する場合は、フラッシュランプによる励起に比して変換効率に優れており、しかも発熱が小さくなるという利点を有している。

第5図は、従来の半導体レーザ励起型固体レーザの概略構成図である。半導体レーザ素子61は、該半導体レーザ素子61から発振されるレーザ光の

波長を変更する温度調節器67に取り付けられており、該半導体レーザ素子61から発振される半導体レーザ光が、集光光学系62を介してYAGロッド63の一方の端面63aに入射される。該YAGロッド63の他方の端面63bの側方には、該端面63bに対向して反射鏡64が配設されており、該反射鏡64とYAGロッド63の半導体レーザ入射端面63aとにより、レーザ共振器が形成されている。YAGロッド63は、入射されたレーザ光を吸収して、 $1.064\mu\text{m}$ の波長のレーザ光を高効率で発振する。

YAGロッド63は、第6図(a)に示すような吸収波長特性を有し、 $0.809\mu\text{m}$ の波長のレーザ光を効率よく吸収し得るため、そのような波長のレーザ光を発振し得る半導体レーザ素子61が用いられる。

YAGロッド63におけるレーザ光入射端面63aには、 $0.809\mu\text{m}$ の波長の光を透過させ、 $1.064\mu\text{m}$ の波長の光を反射させるコーティング膜が配設されている。これに対し、反射鏡64と対向する他方の端面63bには、 $1.064\mu\text{m}$ の波長の光を透過させるコーティング膜が配設されている。該端面63bに対向

しても不規則に変化することが知られている。このため、半導体レーザ素子61から発振される半導体レーザ光の波長が、YAGロッド63にて高効率に吸収される波長域からずれてしまい、YAGロッド63からの固体レーザ発振効率が変化して、光出力が変動するおそれがある。第8図(b)に、励起用半導体レーザ素子61から発振される半導体レーザ光の波長に対するNdドープYAGロッド63のレーザ光の発振効率を示す。YAGロッド63は、半導体レーザの波長が、 $0.809\mu\text{m}$ 近傍から少しでも変動すれば、レーザ光の出力が著しく低下してしまう。このように、半導体レーザ励起型固体レーザ装置では、半導体レーザ素子61による半導体レーザの発振波長がわずかに変動しても、発振効率が低下するため、長期にわたって安定的にレーザ光を出力することが困難である。

本発明は上記従来の問題を解決するものであり、その目的は、長期にわたって安定的にレーザ光を発振し得る半導体レーザ励起型固体レーザ装置を提供することにある。

する反射鏡64の反射面は、 $1.064\mu\text{m}$ の波長の光に対して高反射率となる反射膜がコーティングされている。

該半導体レーザ励起型固体レーザ装置では、温度調節器67により、半導体レーザ素子61から発振される半導体レーザ光の波長を、YAGロッド63が高効率に吸収し得る $0.809\mu\text{m}$ となるように、該半導体レーザ素子61が温度調節される。これにより、半導体レーザ素子61から発振される半導体レーザ光が高効率にてYAGロッド63に吸収されて、該YAGロッド63からレーザ光が高効率に変換されて発振される。その結果、該固体レーザ装置は、光計測や光加工に用いられる小型のレーザ光源として期待されており、活発に研究されている。

(発明が解決しようとする課題)

しかし、固体レーザを発振する半導体レーザ光が発振される半導体レーザ素子61は、経時劣化、温度変化、注入電流の変化等により、モードホッピング等が生じるため、該半導体レーザ素子61から発振される半導体レーザの波長は、厳密に選別

(課題を解決するための手段)

本発明の半導体レーザ励起型固体レーザ装置は、半導体レーザ素子から発振されるレーザ光を固体レーザに吸収させて、該固体レーザからレーザ光を発振させる半導体レーザ励起型固体レーザ装置であって、該半導体レーザ素子から発振されるレーザ光の光量を検出する光検出器と、

該半導体レーザ素子から発振されて該固体レーザの波長吸収特性に対応した波長吸収特性を有する媒質を透過したレーザ光の光量を検出する光検出器と、両光検出器の検出結果に基づいて半導体レーザ素子から発振されるレーザ光の波長を変更する手段と、を具備してなり、そのことにより上記目的が達成される。

(実施例)

以下に本発明を実施例について説明する。

本発明の半導体レーザ励起型固体レーザ装置は、第1図に示すように、半導体レーザ発振部10と、集光器21と、YAGロッド22と、反射鏡23とを有する。

半導体レーザ発振部10は、半導体レーザ光を発

振する半導体レーザ素子11と、該半導体レーザ素子11の発振波長を制御する、例えば、ペルチェ素子からなる温度調節器16とを有する。半導体レーザ素子11は、該温度調節器16上に配設されている。該半導体レーザ素子11の一方の端面から出射されるレーザ光は、集光器21により集光されて、YAGロッド22の端面22aに入射される。反射鏡23は、その反射面が、該YAGロッド22の他方の端面22bに対向して配設されている。

YAGロッド22における半導体レーザ光が入射される端面22aには、該YAGロッド22にて高効率にて吸収される、例えば $0.809\mu\text{m}$ の波長のレーザ光を選択的に透過させて該YAGロッド22から発振されるレーザ光の、例えば $1.064\mu\text{m}$ の波長に対して高反射となるコーティング膜が配設されている。YAGロッド22の他方の端面22bにも、該YAGロッド22から発振される $1.064\mu\text{m}$ の波長のレーザ光を透過させる透過膜がコーティングされている。反射鏡23は、該反射鏡23に対向するYAGロッド22端面22bを透過するレーザ光の波長と同様の波長( $1.064\mu\text{m}$ )の

レーザ光を反射するように、反射面に反射膜がコーティングされている。

このような構成により、YAGロッド22の半導体レーザ光入射端面22aと、反射鏡23の反射面とにより共振器を形成している。そして、該YAGロッド22に入射される $0.809\mu\text{m}$ の波長のレーザ光が該YAGロッド22により高効率に吸収されるため、該YAGロッド22からは波長 $1.064\mu\text{m}$ のレーザ光が高効率に発振される。

半導体レーザ発振部10には、半導体レーザ素子11からYAGロッド22配設方向とは反対方向(後方)へ出射される半導体レーザ光の一部を受光する、例えば、シリコンを用いたpinホトダイオードでなる光検出器12が、支持台15上に配設されている。また、該光検出器12が配設された支持台15上には、pinホトダイオードでなる光検出器13が該光検出器12に並設または一体形成されている。該光検出器13の受光面には、YAGロッド22と同材質であって、該YAGロッド22と同様の波長吸収特性を有するレーザ媒質でなる透光板14が配設されている。半導体

レーザ素子11から後方へ出射される半導体レーザ光の一部は、該光検出器13の受光面上に配設された該透光板14を介して、該光検出器13に照射される。

第2図は、本発明の半導体レーザ素子励起型固体レーザ装置の制御系のブロック図である。半導体レーザ素子11から出射されるレーザ光は、集光器21を介してYAGロッド22に入射されて、該YAGロッド22からは所定波長のレーザ光が出射される。このとき、半導体レーザ素子11から出射される半導体レーザ光は、該半導体レーザ素子11の後方に配設された光検出器12に直接照射されるとともに、YAGロッド22と同質であって同様の光吸収波長特性を有する透光板14を介して光検出器13にも照射される。各光検出器12および光検出器13は、それぞれの受光面にて受光される光量に対応した電気信号を出力し、半導体レーザ光が直接照射される一方の光検出器12の出力は、増幅器31により増幅されて、第1比較器33および第2比較器34のそれぞれの一方の入力端子に入力されている。また、透

光板14を介して半導体レーザ光が照射される他方の光検出器13の出力は、増幅器32により増幅されて、第2比較器34の他方の入力端子に与えられている。第1比較器33の他方の入力端子には、基準信号発生器35から発せられる基準信号が入力されている。第1比較器33の出力は、半導体レーザ素子11の駆動回路17に与えられている。該駆動回路17は、該半導体レーザ素子11が所定の光出力にてレーザ光を出力するように制御する。第2比較器34の出力は、半導体レーザ素子11の温度を調節して該半導体レーザ素子11から発振されるレーザ光の波長を制御する温度調節器16に与えられている。

半導体レーザ素子11から後方へ出射されたレーザ光は、各光検出器12および13に受光されるが、一方の光検出器12は、半導体レーザ素子11から発振されるレーザ光を直接受光し、該光検出器12は、その受光量に対応した信号を出力する。そして、該光検出器12が受光したレーザ光量に対応した信号が、増幅器31により増幅されて第1比較器33に与えられ該第1比較器33にて、基準信号発生器35

により予め設定された基準値と比較される。そして、該光検出器12によるレーザ光受光量がその基準値以下になった場合には、該第1比較器33は半導体レーザ素子11の駆動回路17に所定信号を出力し、半導体レーザ素子11が所定の出力にてレーザ光を出力するように該駆動回路17を制御する。

これに対し、他方の光検出器13に受光されるレーザ光は、YAGロッド22と同材質であって該YAGロッド22と同様の光吸収特性を有した透光板14を透過するため、該透光板14によりそのレーザ光の一部が吸収される。従って、半導体レーザ素子11から発振されるレーザ光の波長が、YAGロッド22により高効率に吸収される場合には、該YAGロッド22と同質の透光板14によっても高効率にて吸収されるため、該光検出器13にて受光されるレーザ光量が減少する。反対に、半導体レーザ素子11から発振されるレーザ光の波長が、YAGロッド22により高効率にて吸収される波長域からずれると、該YAGロッド22にて吸収されるレーザ光量が減少するため、透光板14にて吸収されるレーザ光量が減少し、該

光検出器13が受光するレーザ光量が増加する。

第2比較器34には、各光検出器12および13の出力が与えられており、該第2比較器34は両ダイオード12および13の出力信号を比較する。そして、両光検出器12および13が受光するレーザ光量の差が所定値以下に小さくなったことを、該第2比較器34が捉えたと、該第2比較器34は、温度調整器16に所定信号を出力し、半導体レーザ素子11から出力されるレーザ光の波長が最適になるように該温度調整器16を制御する。これにより、半導体レーザ素子11からは、YAGロッド22により高効率に吸収される波長のレーザ光が出力され、該YAGロッド22からは、レーザ光が高効率に励起されて高出力のレーザ光が発振される。

なお、本実施例では、半導体レーザ素子11の発振波長を、ペルチエ素子を用いた温度制御器16により制御する構成としたが、このような構成に限らず、例えば、複合共振器型半導体レーザ素子11の共振モードを制御して波長を変更するようにしてもよい。また、半導体レーザ素子11に変調信号

を重畳し、光検出器13の受光信号を位相同期検波することにより、YAGロッド22の高効率吸収波長に波長を同調させるようにしてもよい。この場合には、制御性が一層向上する。

第3図は本発明の半導体レーザ励起型固体レーザ装置における半導体レーザ発振部10の他の実施例の概略構成図である。本実施例の半導体レーザ発振部10は、温度制御器16上に配設された半導体レーザ素子11から後方へ出射されるレーザ光をそれぞれ受光する三つの光検出器41、42、43を有する。二つの光検出器42および43は、それぞれの受光面に、YAGロッド22と同質のレーザ媒質でなる透光板44および45が配設されており、各透光板44および45の表面には、所定の波長を選択的に透過させる波長選択コーティング膜46および47がコーティングされている。各コーティング膜46および47は、透過し得る波長の中心値が若干異なっている。他の光検出器41は、受光面にはこのような透光板は配設されていない。そして、各光検出器41、42および43が受光するレーザ光量に基づいて温度制

御器16が制御される構成になっている。本実施例の場合には、前記実施例よりも一層高精度で波長制御が行われる。

第4図は、本発明の半導体レーザ励起型固体レーザ装置のさらに他の実施例の概略構成図である。本実施例では、第1図に示す実施例の半導体レーザ発振部10と同様の構成の多数の半導体レーザ発振部51、51、…が配設されている。各半導体レーザ発振部51は、それぞれ光ファイバ52を介して光学系53に与えられており、該光学系53は半導体レーザ発振部51から発振されるレーザ光をYAGロッド54の一方の端面近傍部に集光している。該YAGロッド54の他方の端面には、レンズ55が対向配設されており、該レンズ55にKTP等の非線形光学結晶56を介して、反射鏡57が対向して配設されている。本実施例では、各半導体レーザ発振部51から発振されたレーザ光により、YAGロッド54にYAGレーザが励起され、該YAGレーザが非線形結晶56内を伝播する間に、該非線形光学結晶56の非線形光学効果により、YAGレーザの第2高調波が発振される。これ

により、例えば、緑色のレーザ光が得られる。

なお、上記各実施例では、端面励起型のYAGロッドを用いた半導体レーザ励起型固体レーザ装置について説明したが、本発明の半導体レーザ励起型固体レーザ装置は、このような実施例に限定されるものではなく、例えば、固体レーザの励起がいわゆるサイドポンプ型であってもよい。また、励起されるレーザ光もYAGレーザに限定されず、YLF、YVO<sub>4</sub>、YSGG等の固体レーザであってもよい。発振波長が1.064 $\mu$ m以外のYAGレーザであってもよい。

第1図に示す実施例において、NdドープのYAGロッド22に替えてNdドープのYVO<sub>4</sub>ロッドを用い、光検出器13の受光面に、NdドープのYAGロッドと同質のレーザ媒質となる透光板14を配設する構成としてもよい。この場合には、第6図(b)のグラフに示すように、NdドープのYAGロッドの吸収波長スペクトルがNdドープのYVO<sub>4</sub>ロッドの吸収波長スペクトルよりも狭いために、半導体レーザ素子11から発振されるレーザ光の波長が、YVO<sub>4</sub>ロッドにより臨界に吸収されるように、該半導体レーザ素子

11を一層高精度で制御することができる。

半導体レーザ素子は戻り光により発振波長が変化するが知られているが、本発明の半導体レーザ励起型固体レーザ装置においては、100～600 MHzの高周波を重畳して半導体レーザ素子を駆動しスペクトル幅を広げることによりコヒーレント長を減じる方法を併用する構成としてもよい。

#### (発明の効果)

本発明の半導体レーザ励起型固体レーザ装置は、このように、固体レーザにて高効率に吸収される波長のレーザ光を半導体レーザ素子から発振し得るように、該半導体レーザ素子が制御されるため、固体レーザを高出力にて安定的に発振し得る。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の半導体レーザ励起型固体レーザ装置の一例を示す概略構成図、第2図はその制御系のブロック図、第3図は本発明の半導体レーザ励起型固体レーザ装置における半導体レーザ発振部の他の実施例を示す概略構成図、第4図は本発明の半導体レーザ励起型固体レーザ装置のさら

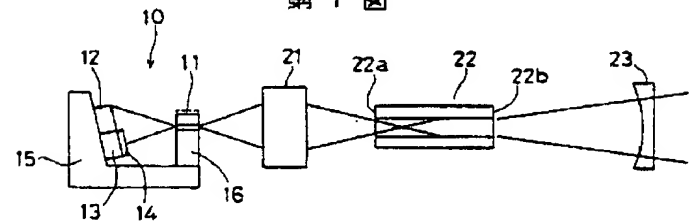
に他の実施例の概略構成図、第5図は従来の半導体レーザ励起型固体レーザ装置の概略構成図、第6図(a)は、YAGレーザの波長吸収特性を示すグラフ、第6図(b)は励起用レーザ光の波長と固体レーザの光出力の相対値との関係を示すグラフである。

10…半導体レーザ発振部、11…半導体レーザ素子、12、13…光検出器、14…透光板、16…温度制御器、17…駆動回路、22…YAGロッド、23…反射鏡。

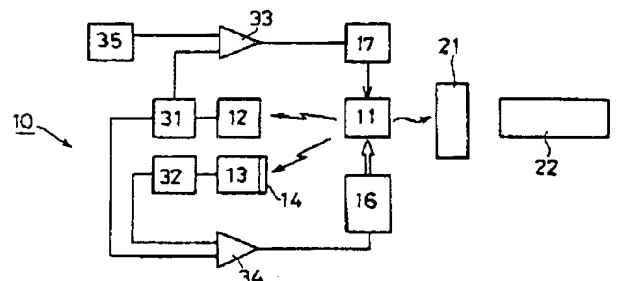
以上

出願人 シャープ株式会社  
代理人 弁理士 山本秀策

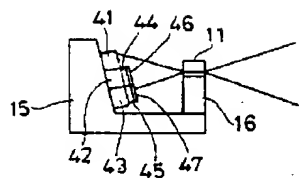
第1図



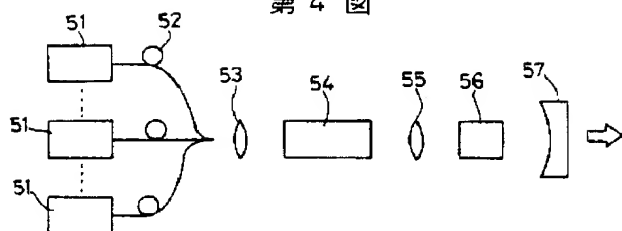
第2図



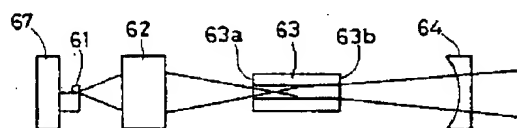
第3図



第4図

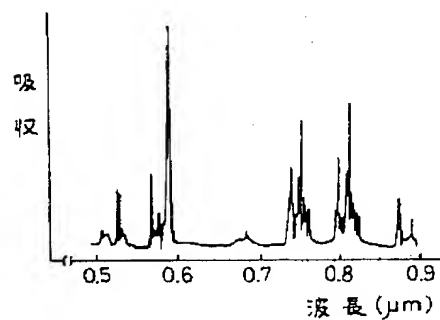


第5図



第6図

(a)



(b)

